

Analisis Dampak Pembebanan RLC terhadap Kualitas Daya dan Efisiensi Energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP On-Grid

Mas Ahmad Baihaqi ^{a,1*}, Eva Kurnia Yulyawan ^{a,2}, Hartawan Abdillah ^{a,3}, Adi Mulyadi ^{a,4}, Putro Adi Pamungkas ^{b,5}, Alief Muhammad ^{a,6}, Dani Hari Tunggal Prasetyo ^{c,7}.

^aUniversitas Panca Marga, Jl. Yos Sudarso No 107, Pabean, Kec. Mayangan, Kota Probolinggo, Indonesia

^bUniversitas PGRI Banyuwangi, Jalan Ikan Tongkol No 22, Kertosari, Banyuwangi, Indonesia

^cUniversitas Jember, Jalan Kalimantan Tegalboto No 37, Sumbarsari, Jember, Indonesia

¹ baihaqi@upm.ac.id *; ² evak@upm.ac.id; ³ abdillahhartawan@gmail.com; ⁴ adimulyadi@unibabwi.ac.id ;

⁵ putropamungkas78@gmail.com ; ⁶ aliefmuhammad@upm.ac.id ; ⁷ dani.hari59@gmail.com.

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 10 Oktober 2023

Diperbaiki 13 Februari 2024

Diterima 01 Juni 2024

Kata Kunci

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1

Energi Terbarukan 2

Sistem On Grid 3

Efisiensi Energi 4

Analisis RLC 5

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan teknologi energi ramah lingkungan dalam bidang energi, yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber daya primer. Dua sistem utama PLTS adalah *Off Grid* dan *On Grid*. PLTS *On Grid*, yang menjadi fokus dari penelitian ini, memanfaatkan cahaya matahari di siang hari dan langsung mengkonversinya menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk mengurangi konsumsi daya dari PLN. Proses konversi ini melibatkan penggunaan microinverter grid untuk mentransformasi listrik DC menjadi AC, yang kemudian disambungkan ke Grid PLN. Dalam penerapannya, jenis beban memiliki peran penting dalam kinerja sistem PLTS. Tiga jenis beban utama yaitu resistif (dilambangkan oleh lampu pijar), induktif (dilambangkan oleh pompa aquarium), dan kapasitif (dilambangkan oleh kipas angin) semua beban RLC ini dianalisis dalam penelitian ini. Data dikumpulkan dengan menggunakan masing-masing beban secara terpisah, kombinasi dua jenis beban, serta kombinasi ketiga-tiganya. Hasilnya menunjukkan bahwa beban induktif memiliki nilai cosphi terendah yakni 0,19; kombinasi resistif dan induktif memberikan nilai cosphi sebesar 0,67; sedangkan gabungan ketiga-tiganya memberikan nilai cosphi tertinggi yaitu 0,98. Ini menunjukkan bahwa variasi dan jenis beban memiliki dampak signifikan pada nilai cosphi dan konsumsi daya secara keseluruhan. Penelitian ini memberikan pemahaman baru tentang bagaimana pembebanan RLC mempengaruhi efisiensi sistem PLTS On Grid dan bagaimana berbagai jenis beban dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kinerja sistem tersebut.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi menjadi indikator utama dalam menandai kemajuan zaman [1]. Di era modern ini, kita menyaksikan peningkatan pesat dalam penggunaan teknologi [2],

terutama yang berkaitan dengan peralatan listrik dan elektronik. Kehidupan sehari-hari manusia kini tak lepas dari perangkat-perangkat elektronik ini [3], menjadikan energi listrik sebagai kebutuhan primer yang tak terpisahkan. Dalam konteks inilah sektor tenaga listrik memegang peranan penting dalam memacu pertumbuhan dan perkembangan teknologi. Salah satu aspek vital dalam sektor tenaga listrik adalah transisi menuju pembangkit listrik berbasis energi terbarukan [4], sebagai upaya menggantikan penggunaan energi fosil yang semakin menipis. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [5] sekarang semakin dikembangkan penggunaannya dengan supercapasitor [6] dimaksudkan supaya energi bisa tersimpan dengan baik untuk malam hari, akan tetapi cost yang dikeluarkan sangat tinggi karena penggunaan teknologi nano material [7], dengan solusi PLTS on grid [8] muncul sebagai salah satu solusi alternatif untuk menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan. Dengan potensi penggunaannya yang akan semakin meningkat di masa depan, baik pada skala besar maupun rumahan, PLTS menjadi topik penting untuk diteliti lebih lanjut.

PLTS memiliki dua jenis utama yaitu PLTS off grid [9] dan PLTS on grid. Keduanya memiliki karakteristik unik; jika PLTS off grid dapat beroperasi secara independen tanpa memerlukan jaringan PLN, maka PLTS on grid menggunakan jaringan PLN sebagai acuan sinkronisasi outputnya [10]. Dalam operasionalnya, PLTS harus melayani kebutuhan beban-beban listrik dari berbagai alat elektrik dan elektronika dengan jenis beban resistif, induktif, dan kapasitif. Beban induktif memiliki nilai faktor daya ($\cos\phi$) [11] yang rendah sehingga dapat menjadi tantangan bagi konsumen serta operator sistem tenaga surya. Penelitian ini bertujuan untuk membahas lebih lanjut tentang bagaimana pembebanan RLC [12] mempengaruhi performa dari sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On Grid 100WP. Melalui penelitian ini diharapkan pembaca mendapatkan pemahaman mendalam tentang dinamika operasional sistem tenaga surya dan cara mengoptimalkannya sesuai dengan karakteristik beban.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan Pembangunan Sistem: Tahap awal penelitian melibatkan perancangan dan pembangunan sistem PLTS On Grid dengan kapasitas 100WP [4]. Sistem ini terdiri dari komponen utama yaitu panel surya polycrystalline, Maximum Power Point Tracking (MPPT), dan Grid Tie Inverter [12], Diagram Alir pada Gambar 1, Gambar 2 menampilkan diagram blok dari sistem PLTS On Grid yang telah dirancang.
2. Pengujian Komponen Utama: Setelah sistem selesai dibangun, dilakukan pengujian terhadap komponen utama sistem yaitu fotovoltaik, MPPT[13], dan Inverter Grid Tie untuk memastikan kinerja masing-masing komponen berjalan dengan baik.
3. Pengukuran Parameter Komponen: Selanjutnya adalah tahap pengukuran parameter-parameter penting dari komponen PLTS seperti intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya serta nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sistem.
4. Pengujian Beban: Setelah itu dilakukan pengujian beban dimana PLTS akan dioperasikan sambil memberikan beban RLC untuk melihat bagaimana respon sistem terhadap variasi beban tersebut. Parameter-parameter seperti tegangan, arus, daya dan faktor daya akan diukur selama proses pengujian ini.
5. Perhitungan Daya Semu: Daya semu dalam sistem kemudian dihitung menggunakan persamaan tertentu sebagai bagian dari analisis data.
6. Analisis Data: Hasil-hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisis untuk memahami performa sistem dalam menghasilkan energi listrik dengan berbagai jenis pembebanan (R,L,C) serta kombinasi mereka (RL, LC, CR, RLC).

7. Penyajian Data: Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi data.

Melalui metode-metode tersebut, penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang kinerja PLTS On Grid dengan kapasitas 100WP yang akan di uji menggunakan berbagai jenis pembebanan. Daya semu dalam sistem kemudian dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai bagian dari analisis data(14). Hasil perhitungan tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan digambarkan dalam grafik untuk memudahkan pemahaman tentang kinerja PLTS On Grid dibawah kondisi berbeban RLC.

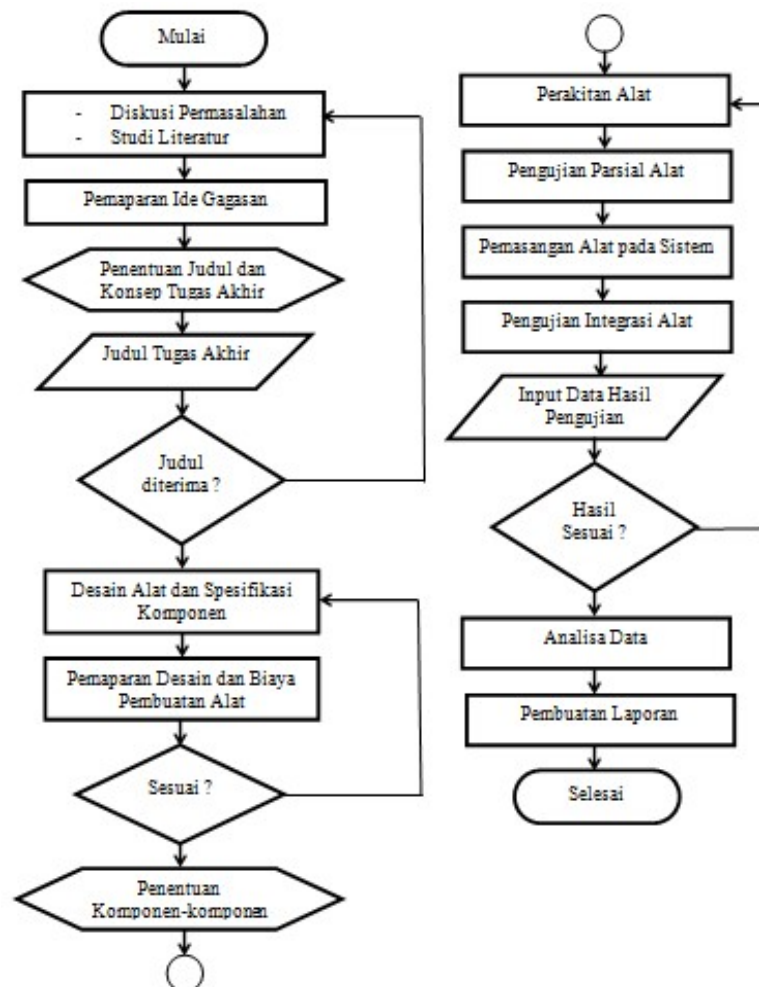
$$S = \frac{P}{Pf} \quad (1)$$

Dimana,

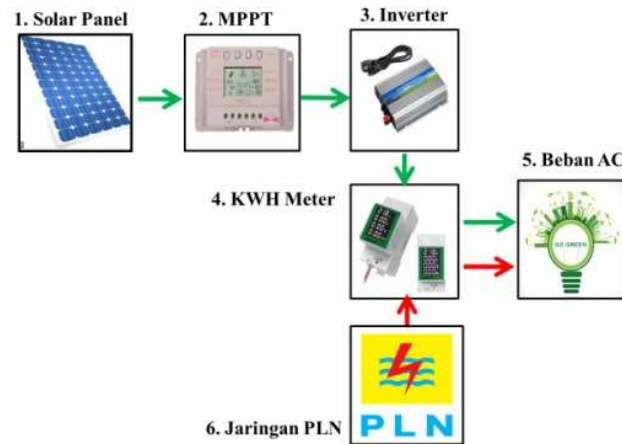
S = Daya Semu (VA)

P = Daya Nyata (W)

Pf = Faktor Daya



Gambar 1 Diagram Alir

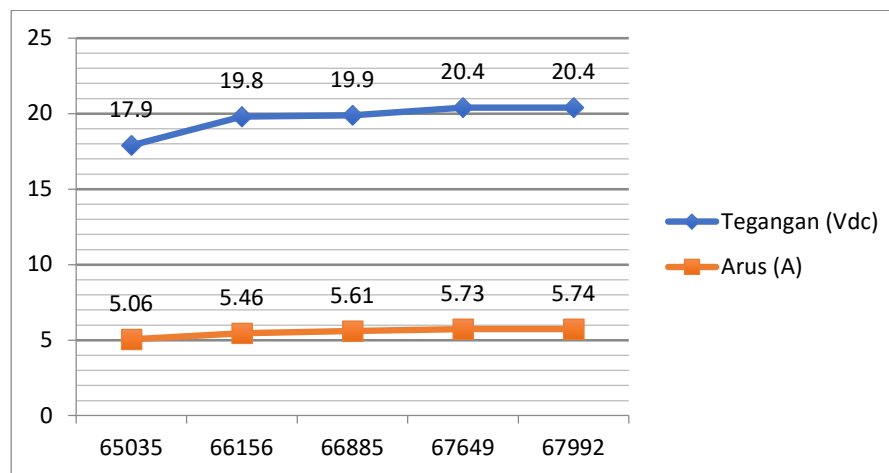


Gambar 2. Diagram Blok

Tahapan pengujian komponen dilakukan dengan cara pengujian tiap komponen untuk memastikan bahwa komponen bekerja dengan baik. Komponen-komponen yang diuji adalah Panel Surya, MPPT, *Grid Tie Inverter*.

Tabel 1. Pengujian Panel Surya

No	Waktu	Lumen (Lux)	Tegangan (Vdc)	Arus (A)	Daya (W)
1	10.20	65035	17,9	5,06	90,5
2	10.40	66156	19,8	5,46	108,1
3	11.00	66885	19,9	5,61	111,63
4	11.20	67649	20,4	5,73	116,9
5	11.40	67992	20,4	5,74	117



Gambar 3. Grafik Lumen terhadap Tegangan dan Arus

Dari grafik pada gambar 3 dapat kita simpulkan bahwa kondisi panel surya sangat baik, hal tersebut dapat dilihat dari kenaikan nilai intensitas cahaya matahari berbanding lurus dengan kenaikan nilai dari tegangan dan arus keluaran. Semakin naik nilai intensitas cahaya matahari yang didapatkan oleh panel surya, semakin naik pula nilai tegangan dan arus yang dihasilkan [12].

Tabel 2. Pengujian MPPT

No	Kondisi	Lumen (Lux)	Tegangan (Vdc)	Indikator (On/Off)
1	Cerah	65535	17,9	On
2	Mendung	5591	16,9	On
5	Gelap	163	11	Off



Gambar 4. Pengujian MPPT

Pada hasil pengujian pada gambar 4, MPPT bekerja sesuai dengan spesifikasinya. MPPT tidak dapat bekerja atau *off* pada saat panel surya ditutup penuh (gelap) dan menghasilkan tegangan dibawah 12V sesuai dengan data dari tabel diatas.

Tabel 3. Pengujian *Grid Tie Inverter*

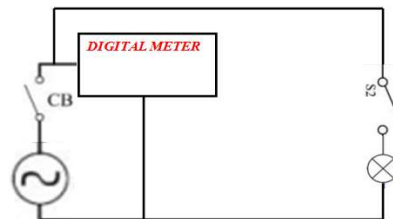
No	V in (Vdc)	V out (Vac)	I in (A)	I out (A)	Frekuensi (Hz)
1	12,8	224	2,59	0,07	50
2	12,8	224	2,59	0,07	50
3	12,79	223	2,59	0,07	50

Grid Tie Inverter (GTI) memiliki kondisi yang baik. Hal tersebut dapat dilihat dalam tabel bahwa keluaran dari GTI menghasilkan tegangan kisaran 220 Vac dan 50Hz sesuai dengan jala-jala PLN. Penelitian untuk menganalisa pengaruh beban listrik RLC terhadap PLTS *on grid* dilaksanakan di sekitar Universitas Panca Marga kota Probolinggo menggunakan modul PLTS *on grid*. Penelitian menitik beratkan pada pengukuran tiap jenis beban listrik 1 fasa. Besaran listrik yang akan diukur adalah arus, tegangan, faktor daya, dan daya nyata. Penulis menggunakan digital meter multifungsi yang dapat mengukur besaran-besaran listrik tersebut.

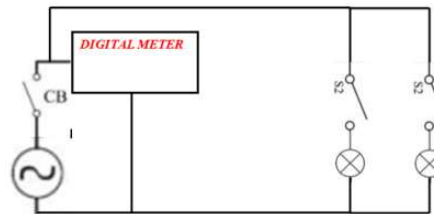


Gambar 5. Digital Meter Multifungsi

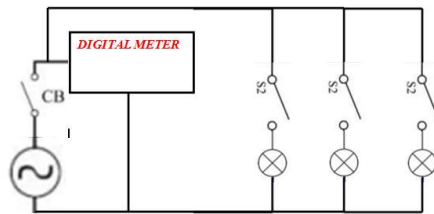
Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan beban lampu pijar 15 Watt untuk mewakili beban resistif, pompa aquarium 5 Watt untuk mewakili beban induktif, dan kipas angin 50 Watt untuk mewakili beban kapasitif dengan dirangkai seperti gambar 6, gambar 7, dan gambar 8.



Gambar 6. Rangkaian Pengukuran 1 Jenis Beban



Gambar 7. Rangkaian Pengukuran 2 Jenis Beban



Gambar 8. Rangkaian Pengukuran 3 Jenis Beban

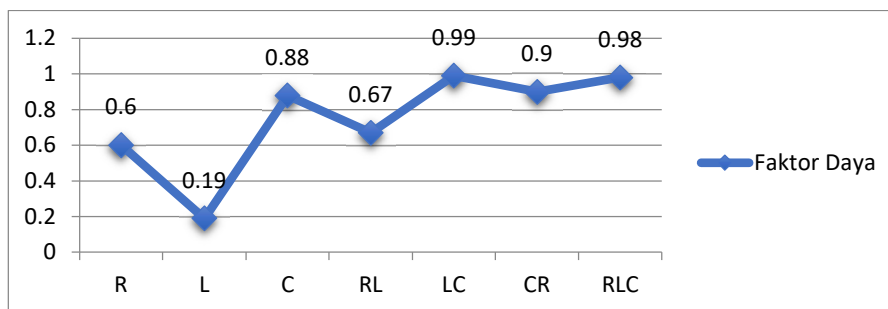
3. Hasil dan Analisis

Pada pengujian pembebanan RLC, bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP *On Grid*. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan beban tunggal R, L, C. Pengujian kedua, penulis mengkombinasikan 2 sifat beban tersebut yakni RL, LC, dan CR. Pengujian ketiga penulis menggunakan beban RLC. Hasil pengukuran tegangan, arus, daya nyata, faktor daya dan hasil penghitungan daya semu dalam pengujian beban, disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan (V), Arus (I), Daya Nyata (P), Faktor Daya (Pf), dan Perhitungan Daya Semu (S)

Jenis Beban	Tegangan (Vac)	Arus (A)	Daya Nyata (W)	Faktor Daya	Daya Semu (VA)
R	224	0,13	17,1	0,6	28,35
L	225	0,1	4,2	0,19	22,1
C	224	0,3	49,47	0,88	56,22
RL	225	0,13	19,86	0,67	29,64
LC	226	0,29	59,27	0,99	59,87
CR	225	0,33	61,39	0,9	68,2
RLC	225	0,34	76,02	0,98	77,57

Tabel 4 tersebut menunjukkan pengukuran beberapa parameter seperti tegangan (Vac), arus (A), daya nyata (W), faktor daya, dan daya semu (VA) untuk berbagai jenis beban yaitu resistif (R), induktif (L), kapasitif (C), kombinasi resistif-induktif (RL), kapasitif-induktif (LC), kapasitif-resistif (CR) dan resistif-induktif-kapasitif (RLC). Berikut adalah analisis dari data pada table yaitu, Beban Resistive R: Dengan tegangan 224 Vac dan arus 0,13 A, beban ini memiliki daya nyata 17,1 W dengan faktor daya 0,6. Daya semu yang dihasilkan adalah 28,35 VA. Beban Inductive L: Dengan tegangan 225 Vac dan arus 0,1 A, beban ini memiliki daya nyata yang paling rendah yaitu hanya 4,2 W dengan faktor daya sangat rendah yaitu hanya sebesar 0,19. Daya semunya adalah sebesar 22.1 VA. Beban Capacitive C: Dengan tegangan sama namun arus yang lebih tinggi dibandingkan beban lainnya yaitu sebesar 0.3 A, beban ini menghasilkan nilai daya nyata yang cukup besar yaitu sebesar 49.47 W dengan faktor dayanya juga cukup tinggi yaitu sebesar 0,88. Sedangkan untuk kombinasi beban RL, LC, CR, RLC. Semua kombinasi ini menghasilkan nilai-nilai yang lebih tinggi baik untuk nilai watt maupun VA dibandingkan ketika digunakan secara individu . Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dari jenis-jenis pembebanan tersebut dapat meningkatkan efisiensi sistem PLTS on grid. Secara umum data tersebut menunjukkan bagaimana berbagai jenis pembebanan dapat mempengaruhi kinerja dari sistem PLTS on grid dalam hal produksi energi listrik serta konsumsi energi oleh berbagai jenis peralatan atau perangkat elektronik.



Gambar 9. Grafik Hubungan Beban dengan Faktor Daya

Pada percobaan 1 jenis beban R, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{17,1}{0,6}$$

$$S = 28,35$$

Pada percobaan 2 jenis beban L, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{4,2}{0,19}$$

$$S = 22,1$$

Pada percobaan 3 jenis beban C, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{49,47}{0,88}$$

$$S = 56,22$$

Pada percobaan 4 jenis beban RL, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{19,86}{0,67}$$

$$S = 29,64$$

Pada percobaan 5 jenis beban LC, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{59,27}{0,99}$$

$$S = 59,87$$

Pada percobaan 6 jenis beban CR, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{61,39}{0,9}$$

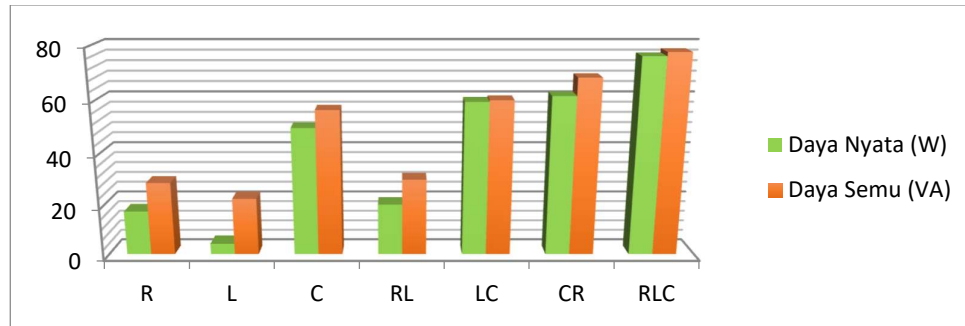
$$S = 68,2$$

Pada percobaan 7 jenis beban RLC, dapat dicari nilai daya semu (S) dengan cara:

$$S = \frac{P}{Pf}$$

$$S = \frac{76,02}{0,98}$$

$$S = 77,57$$



Gambar 10. Grafik Perbandingan Daya Nyata dengan Daya Semu

Pada pengujian PLTS menggunakan beban RLC dan kombinasinya. Pengujian ini didapatkan hasil nilai tegangan, daya, dan faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4. Selain dari pengukuran juga terdapat perhitungan daya semu pada masing-masing pembebanan. Daya semu merupakan perbandingan antara daya nyata dibagi dengan faktor daya. Faktor daya yang bagus memiliki nilai mendekati 1. Jika suatu rangkaian memiliki nilai faktor daya jauh dari 1, maka konsumsi daya semu akan besar seperti ditunjukkan oleh gambar 10.

4. Conclusion

Berdasarkan analisis data tersebut, dapat disimpulkan bahwa jenis beban memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid. Beban kapasitif (C) menunjukkan performa terbaik dengan daya nyata dan faktor daya yang tinggi, menandakan efisiensi operasional yang baik dalam sistem PLTS On Grid. Sebaliknya, beban induktif (L) memiliki performa paling rendah dengan faktor daya yang sangat rendah, menunjukkan efisiensi yang kurang dalam sistem. Kombinasi dari berbagai jenis beban seperti RL, LC, CR dan RLC menghasilkan nilai daya nyata dan faktor daya yang lebih tinggi dibandingkan ketika digunakan secara individu. Ini menunjukkan bahwa diversifikasi jenis beban dalam satu sistem dapat meningkatkan efisiensi operasional PLTS On Grid. Keseluruhan data ini penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan dan desain sistem PLTS On Grid untuk memaksimalkan output energi dan efisiensi operasional. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk optimasi penggunaan berbagai jenis pembebanan dalam prakteknya agar bisa memaksimalkan output energi dari sistem PLTS On Grid.

Pengakuan dan Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini. Pertama, kepada tim peneliti dan Universitas Panca Marga yang telah membantu dalam pengumpulan dan analisis data, serta pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid. Tanpa bantuan Anda,

penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Kedua, kepada para reviewer dan pembaca yang telah meluangkan waktu untuk membaca dan memberikan umpan balik berharga atas penelitian ini. Kritik dan saran Anda sangat berharga bagi kami untuk terus meningkatkan kualitas penelitian kami di masa mendatang. Penulis juga ingin mengucapkan

terima kasih kepada semua pihak lainnya yang mungkin tidak disebutkan namun memiliki kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Harapan kami semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi tenaga surya di masa mendatang..

References

- [1] Ngafifi M. Kemajuan Teknologi Dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya. *J Pembang Pendidik Fondasi dan Apl.* 2014;2(1):33–47.
- [2] Rezky Ramadhana R, Iqbal MM, Hafid A, Teknik Elektro J. Analisis Plts on Grid. *Anal Plts Grid.* 2022;14(1):1–16.
- [3] Diantari RA, Rahayu S, Okvasari R. Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga. *J Ilm Sutet [Internet].* 2018;8(2):122–8. Available from: <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/228>
- [4] Farhan Fernanda M, Nainggolan B, Indra Silanegara dan, Studi Teknik Konversi Energi P, Teknik Mesin J, Negri Jakarta P, et al. Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta. *Pros Semin Nas Tek Mesin Politek Negeri Jakarta [Internet].* 2021;171–80. Available from: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [5] Hutajulu AG, RT Siregar M, Pambudi MP. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA J Tek Elektro.* 2020;22(1):23.
- [6] Puspitasari P, Permatasari AA, Shima Shahaarun M, Muhammad A. High Saturation Superparamagnetic Properties of. 2023;030024(May).
- [7] Muhammad A, Puspitasari P, Andoko. Properties of soft magnetic material SmCo5 synthesized using low-temperature sol-gel method. In: *AIP Conference Proceedings [Internet].* 2019. p. 3–8. Available from: <https://doi.org/10.1063/1.5115684>
- [8] Aji EP, Wibowo P, Windarta J. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara. *J Energi Baru dan Terbarukan.* 2022;3(1):15–27.
- [9] Wibisono A, Bukhori F, Pratomo LH. Analisis Mode Operasi Off-Grid Photovoltaic Solar Power System. *Ritektra.* 2021;1–9.
- [10] Afrida Y, Jeckson, Feriyanto D. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya on Grid. *Aisyah J Informatcs Electr Eng [Internet].* 2022;4(1):74–7. Available from: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [11] Lisiani, Razikin A, Syaifurrahman. Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). *J Untan.* 2020;1(3):1–9.
- [12] Safri Nahela, Ivan Fauzi Faridyan, Noviadi Arief Rachman, Agus Risdiyanto, Bambang Susanto. Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On Grid. *Elkha .* 2019;11(2):60–5.
- [13] Haqq MR Al, Chlissodin I, Soebroto AA. Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO). *Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komput [Internet].* 2021;5(8):3524–37. Available from: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [14] Candra A, Nurmutia S. Laporan Teknik Tenaga Listrik. Teknik Industri, universitas pamulang. 2020. 254 p.